

ANÁLISIS TEMPORAL Y ESPECTRAL DE LA PRECIPITACIÓN DE CASTELAR (ARGENTINA)

Pérez, S.P.¹; Blasón, A.D.^{1,2}; Baiocchi, A.¹ e I., Brites¹

¹Cátedra de Climatología Agrícola, Facultad de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Morón

²Cátedra de Agrometeorología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora

RESUMEN

Se estudió la precipitación de la localidad de Castelar (provincia de Buenos Aires, Argentina), durante el período 1951-2009 a través de un análisis temporal y espectral, con el objeto de detectar cambios en las tendencias y periodicidades. La tendencia de la precipitación estival resultó positiva, y la del mes de diciembre estadísticamente significativa. El análisis espectral señaló la existencia de diversas periodicidades en los intervalos de 2-3 años, 4-8 años y 11-22 años. Estos resultados proporcionan una valiosa información para el conocimiento del clima de la localidad de Castelar.

Palabras clave: Climatología, caracterización de la precipitación, Argentina.

ABSTRACT

There was studied the rainfall of Castelar's locality (province of Buenos Aires, Argentina), during the period 1951-2009 across a temporary and spectral analysis, in order to detect changes in the trends and periodicities. The trend of the summer rainfall turned out to be positive, and that of December statistically significant. The spectral analysis indicated the existence of diverse periodicities in the intervals of 2-3 years, 4-8 years and 11-22 years. These results provide information valuable for the knowledge of the climate of Castelar's locality.

Key words: Climatology, characterization of the rainfall, Argentina.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas se ha tomado una creciente conciencia de la importancia del clima sobre el manejo sustentable de los agroecosistemas (Bazzaz y Sombroek, 1995; Wall y Smit, 2005). Para un uso apropiado y eficiente de suelos, plantas y animales, el conocimiento del clima ha pasado a constituir una condición previa esencial (Sivakumar *et al.*, 2000). La detección de periodicidades en las series de tiempo de la precipitación proporciona importante información para la comprensión del clima.

Varios investigadores han señalado la existencia de ciclos periódicos o periodicidades que sobrepasan en duración al año, además de la anual y semestral, en datos hidrológicos y climáticos (Burroughs, 1992; Rodríguez y Llasat, 1997; Ramachandra Rao y Hamed, 2003; Almeida *et al.*, 2004; Tosic y Unkasevic, 2005; Antico y Sabbione, 2010). Estas periodicidades pueden representar la influencia de fenómenos naturales como El Niño Oscilación del Sur (ENOS), la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), el ciclo de manchas solares entre otros.

El objeto de este trabajo es detectar tendencias y periodicidades significativas en la serie de precipitación de la localidad de Castelar, ubicada en la provincia de Buenos Aires, Argentina, durante el período 1951-2009, con el fin de incrementar el conocimiento y aprovechamiento de su régimen pluviométrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron totales mensuales de precipitación, calculados a partir de los valores diarios, del período 1951-2009, correspondientes al Observatorio Agrometeorológico dependiente del Instituto de Clima y Agua del INTA-Castelar, Argentina (34° 39' S; 58° 39' W; 22 msnm); obtenidos del Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica (SIGA) del INTA (Belloni *et al.*, 2011) <http://sig2.inta.gov.ar>.

Los datos originales fueron sometidos a un control de calidad según los lineamientos especificados en Directrices sobre la Gestión de Datos Climáticos (OMM, 2007).

Prueba de Homogeneidad

Una serie de datos climáticos es homogénea si “ ... sus variaciones solamente se han originado por las variaciones del tiempo y el clima” (Conrad y Pollak, 1950). Una serie climática puede dejar de ser homogénea si la estación de medición ha sufrido cambios de instrumentos, cambios de emplazamiento o cambios en las prácticas de observación (Wijngaard *et al.*, 2003).

La comprobación de la homogeneidad de la serie de precipitación anual de la localidad de Castelar se realizó por medio de la prueba Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) de Alexandersson y Moberg, (1997). Se utilizó como serie de referencia la estación Ezeiza Aero, ya que forma parte de la red de estaciones de reporte diario a la Organización Meteorológica Mundial (WMO ID N° 87576).

A la serie se le aplicó la prueba referida. estimando una serie de cocientes $|q_i|_{i=1}^N$ entre el valor observado de la serie a la cual se aplica la prueba y el valor de la estación de referencia. Se estimó la serie estandarizada de cocientes $|z_i|_{i=1}^N$ para la cual

$$z_i = \frac{(q_i - \bar{q})}{S_q} \quad (1)$$

Donde \bar{q} y s_q son la media y desviación estándar muestral de la serie q_i .

Sea $1 \leq v < N$ y $\mu_1 \neq \mu_2$ donde N es el número de años de datos disponibles.

Se desea probar la hipótesis nula:

$$H_0: z_i \sim N(0,1) \quad i$$

Con respecto a la hipótesis alternativa:

$$H_1: z_i \sim N(\mu_1,1) \quad i \leq v$$

$$z_i \sim N(\mu_2,1) \quad i > v$$

La hipótesis nula implica que la media de la serie estandarizada z_i no cambia con el tiempo, mientras que la hipótesis alternativa indica que para algún tiempo v existe un cambio en la media de la serie.

El estadístico de prueba para determinar si

existe un cambio en la media de la serie z_i es

$$T_0 = \max_{1 \leq v < N} \{T_v\} \quad (2)$$

Donde

$$T_v = v \bar{z}_1^2 + (N - v) \bar{z}_2^2 \quad (3)$$

\bar{z}_1 y \bar{z}_2 son las medias muestrales de los primeros v y últimos $(N - v)$ valores de la serie z_i . Si T_0 es mayor que cierto nivel crítico para determinado nivel de significancia de la prueba, se rechaza la hipótesis nula de homogeneidad de la serie. El valor crítico para la prueba con nivel de significación $\alpha = 0,05$ según Khaliq y Qarda (2007), para una longitud de serie $N = 58$ es de 8,65.

Tendencia

La tendencia en las series de precipitación mensual, estacional y anual fue examinada utilizando la prueba de Mann-Kendall, según la versión descrita por Helsel y Hirsch (1992).

Para una serie de tiempo $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, el estadístico S está dado por la fórmula:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (4)$$

Donde x_j y x_k son los valores anuales en los años j y k , $j > k$ respectivamente, sgn denota la función signo y

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = 1$$

$$x_j - x_k > 0$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = 0$$

$$x_j - x_k = 0$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = -1$$

$$x_j - x_k < 0$$

La varianza de S y el test estadístico Z son computados como:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad (5)$$

$$Z = \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad \text{si } S > 0 \quad (6)$$

$$Z = 0 \quad \text{si } S = 0 \quad (7)$$

$$Z = \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad \text{si } S < 0 \quad (8)$$

La presencia de una tendencia estadística-mente significativa es evaluada usando el valor de Z el cual tiene una distribución normal. Un valor positivo (negativo) de Z indica tendencia creciente (decreciente).

Análisis espectral

El análisis espectral permite buscar y cuantificar los períodos significativos presentes en una serie temporal. Varias técnicas de análisis espectral han sido desarrolladas, el análisis espectral de máxima entropía (MESA) es una forma de obtener el espectro de una serie temporal a través de la combinación de un proceso autorregresivo (AR) y de un proceso basado sobre la media móvil (MA) constituyendo el modelo ARMA con el método de máxima entropía. El método proporciona una buena resolución y es muy útil para determinar bajas frecuencias (Ro-

dríguez *et al.*, 1999), siendo estas las de mayor interés en estudios de recurrencia climática. En la aplicación del MESA se utiliza el algoritmo de Burg (1975) con un rango M, longitud del filtro de predicción del error (pef) entre N/3 (Ross, 1975) y N/2 (Ulrich y Bishop, 1975).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prueba de Homogeneidad

La serie de precipitación anual presentó un valor de T (2,843) menor que el valor crítico (Khaliq y Quarda, 2007), pudiendo por lo tanto, considerarse homogénea al nivel de significación $\alpha = 0,05$.

Estadística Básica

Como estudio previo, al análisis de tendencia y periodicidad, con el fin de tener una idea general de los aspectos más importantes de la precipitación de la localidad de Castelar, durante el período 1951-2009, se detallaron sus estadísticos básicos (Tabla 1).

Época del año	Media (mm)	Máximo (año) (mm)	Mínimo (año) (mm)	DS	CV (%)	% Pp anual
Enero	112,4	282,4 (1953)	5,6 (1979)	62,3	54,4	11,0
Febrero	102,3	293,1 (2003)	9,3 (1952)	64,7	63,3	10,0
Marzo	114,3	490,7 (1988)	13,0 (1957)	81,3	71,1	11,2
Abril	93,4	389,6 (1959)	1,0 (1968)	65,3	69,9	9,1
Mayo	73,7	310,6 (2000)	0,2 (1960)	71,7	97,3	7,2
Junio	54,1	190,8 (1954)	0,6 (1987)	38,4	71,0	5,3
Julio	53,5	170,6 (1960)	1,4 (1951)	34,3	64,2	5,2
Agosto	59,4	190,3 (1963)	0,1 (1969)	45,0	75,8	5,8
Septiembre	57,4	199,0 (1982)	2,0 (1973)	39,7	69,3	5,6
Octubre	108,0	362,0 (1967)	1,6 (1958)	68,0	62,9	10,6
Noviembre	95,9	246,6 (1985)	13,5 (1994)	58,5	60,9	9,4
Diciembre	96,5	294,5 (1968)	19,3 (2005)	61,6	63,8	9,5
Verano	313,6	585,8 (1990)	82,7 (1979)	117,5	37,4	30,7
Otoño	281,4	723,0 (1959)	90,7 (1968)	122,5	43,5	27,4
Invierno	167,0	330,6 (1963)	29,3 (1988)	70,6	42,3	16,3
Primavera	261,4	501,0 (2009)	112,8 (1957)	100,9	38,6	25,6
Anual	1021	1752,3 (1959)	621,4 (2008)	204,7	20,0	100

DS desvío estándar, CV coeficiente de variación, Porcentaje contribución a la precipitación anual

Tabla 1. Descripción estadística de las series de precipitación mensual, estacional y anual (mm) de la localidad de Castelar, durante el período 1951- 2009

La precipitación más abundante en media ocurre en los meses de primavera y verano y la más escasa en los meses de invierno. Los valores máximos se registran preferentemente en el último cuarto del siglo XX, en las series de los meses de primavera y verano. Los valores mínimos se registran en los primeros años del período de estudio para las series de verano, otoño y primavera. Los más altos coeficientes de variación corresponden a los meses de otoño e invierno, indicando con ello alta inestabilidad. La precipitación de octubre a marzo presenta los mayores porcentajes en la contribución a la precipitación anual, en tanto que las series de mayo a septiembre, los menores.

Tendencia

Se empleó la prueba de Mann-Kendall a fin de evaluar el signo y magnitud de la tendencia de la precipitación mensual, estacional y anual de la localidad de Castelar, durante el período 1951-2009.

Se comprobó que el mes de octubre y diciembre (Tabla 2) poseen una tendencia positiva estadísticamente significativa al 10 y 5% respectivamente. El mes de junio y el trimestre de invierno presentaron tendencia negativa.

	Z_{MK}	P
Enero	-0,12	
Febrero	0,71	
Marzo	0,42	
Abril	1,04	
Mayo	-0,62	
Junio	-1,77	+
Julio	-0,30	
Agosto	-1,41	
Septiembre	0,07	
Octubre	1,79	+
Noviembre	1,03	
Diciembre	2,11	*
Verano	1,10	
Otoño	0,37	
Invierno	-2,00	*
Primavera	1,33	
Anual	1,40	

Tabla 2. Análisis de Tendencia, estadístico Mann-Kendall (Z_{MK})

y Nivel de Significación P: + $\rightarrow p < 0,10$; * $\rightarrow p < 0,05$

Análisis espectral

Utilizando la metodología del análisis espectral se estudió la presencia de patrón cíclico en las series de totales de precipitación mensual, estacional y anual de la localidad de Castelar, durante el período 1951-2009.

El análisis espectral de máxima entropía fue aplicado a las anomalías de la precipitación mensual. La Tabla 3 muestra los picos por encima del 95% del nivel de confianza. Una oscilación de aproximadamente 2 años fue detectada en los meses de enero y de abril a agosto, una oscilación de casi 3 años fue observada en enero, febrero, marzo, abril, julio, septiembre, noviembre y diciembre. Una oscilación de aproximadamente 4 años fue encontrada en junio, agosto, noviembre y diciembre, una oscilación de alrededor 6-8 años en marzo, mayo, julio, octubre y noviembre. La onda de 11 años en mayo y agosto. Una onda media de 14-17 años fue encontrada en enero, marzo, julio y agosto, y una onda de 22 años fue observada para julio.

Mes	Período (años)				
Enero	2,7	3,7		14,3	
Febrero		3,2			
Marzo		3,4	6,5	14,3	
Abril	2,5	3,4			
Mayo	2,0-2,5		8,3	11	
Junio	2,2	4,8			
Julio	2,2	3,5	6,6	16,6	22
Agosto	2,2-2,6	4,0		11	14,3
Septiembre		3,8			
Octubre			8,3		
Noviembre		3,8	4,0	6,6	
Diciembre		3,8	4,0		

Tabla 3. Resultados del análisis espectral. Ciclos de anomalías mensuales de la localidad de Castelar, por encima del 95% del nivel de confianza

El análisis espectral de máxima entropía fue aplicado a las anomalías de la precipitación estacional y anual. La Tabla 4 y Figuras 1 a 5 muestran los picos por encima del 95% del nivel de confianza. Una oscilación de alrededor de 2 años fue detectada en todas las series. Una oscilación de alrededor de tres años fue observada sólo en el verano. Una oscilación de aproximadamente cuatro años fue encontrada en invierno, primavera y en la serie anual. Una oscilación de 6 años fue observada en verano y otoño. Una oscilación de alrededor 8-9 años fue hallada en primavera y la serie anual. La onda de 11 años fue observada solamente en la serie anual.

	Período (años)	
Verano	2,2-2,8	3,7
Otoño	2,4	6,7
Invierno	2,2	4,3
Primavera	2,0	4,0
Anual	2,0	4,3
		8,3
		9,0
		11

Tabla 4. Resultados del análisis espectral. Ciclos de anomalías estacional y anual de la localidad de Castelar, por encima del 95% del nivel de confianza

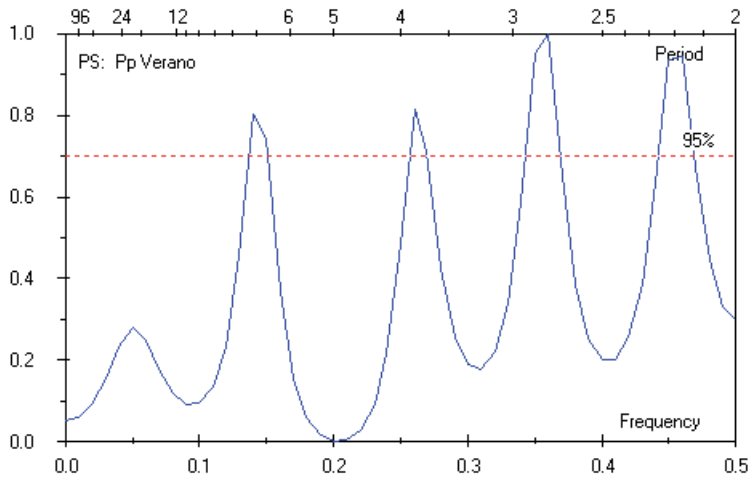


Figura 1. Análisis espectral de máxima entropía de las anomalías de la precipitación de verano de Castellar y nivel de confianza del 95%.

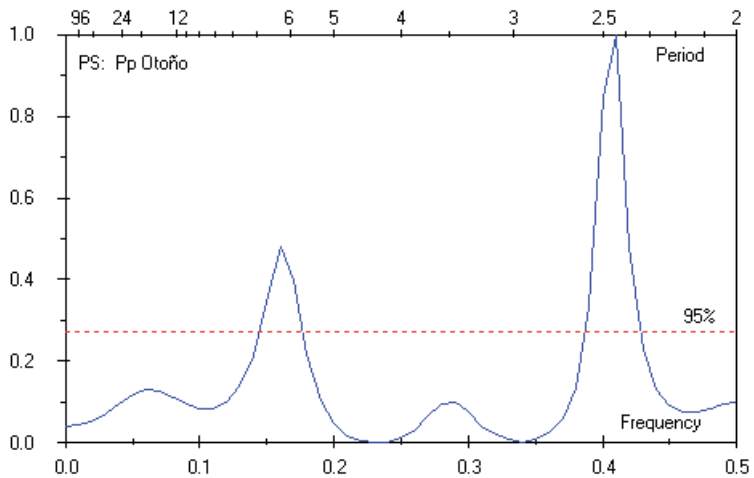


Figura 2. Análisis espectral de máxima entropía de las anomalías de la precipitación de otoño de Castellar y nivel de confianza del 95%

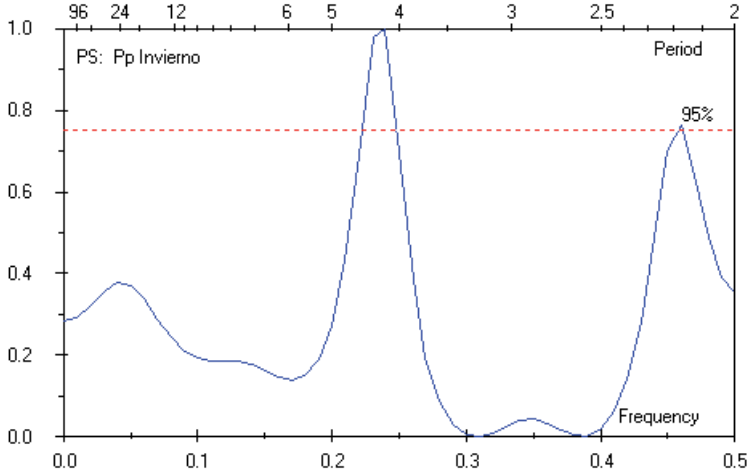


Figura 3. Análisis espectral de máxima entropía de las anomalías de la precipitación de invierno de Castellar y nivel de confianza del 95%

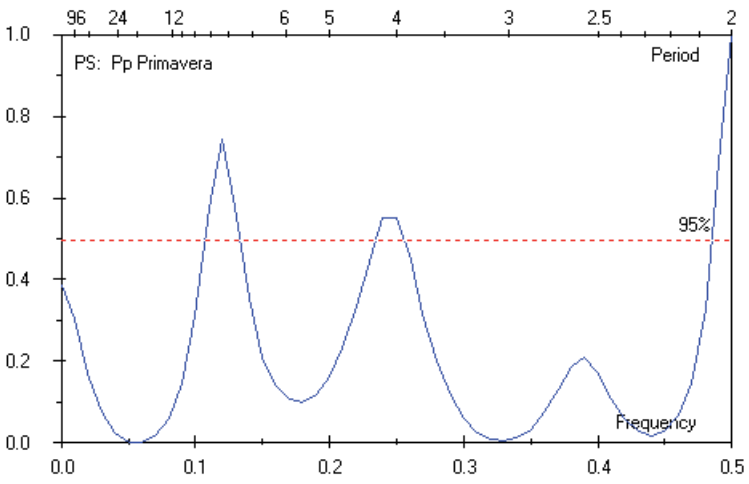


Figura 4. Análisis espectral de máxima entropía de las anomalías de la precipitación de primavera de Castellar y nivel de confianza del 95%

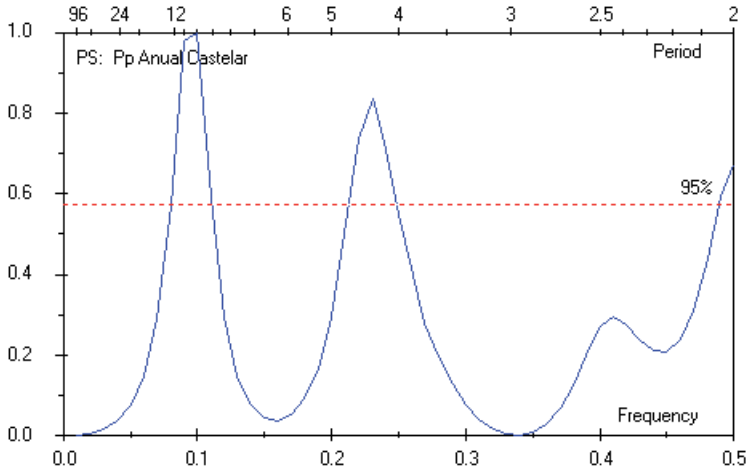


Figura 5. Análisis espectral de máxima entropía de las anomalías de la precipitación anual de Castelar y nivel de confianza del 95%

La oscilación de 2 años es uno de los componentes más importantes de las fluctuaciones del clima a corto plazo, se la relaciona con la inversión periódica en la detección de los vientos en la estratósfera; vientos del oeste y vientos del este alternan según un período de 27 meses (Kane, 1998). La mencionada oscilación es perceptible en los elementos meteorológicos superficiales donde sus características son reflejadas en la serie de tiempo climática local, regional o global, por ejemplo en la precipitación (Tosic y Unkasevic, 2005).

El océano (El Niño) puede causar oscilaciones de entre 3 y 8 años (WMO, 1985). Picos menores de períodos en el rango de 3-5 años parecen estar asociados con la oscilación del sur (Folland, 1983; Rajagopalan y Lall, 1998). Para otros autores (Russian *et al.*, 2010) las

oscilaciones de menor frecuencia podrían estar asociadas a la variabilidad del Modo Anular del Sur (MAS), que presenta ondas similares y afecta la circulación del cono sur de Sudamérica.

Las ondas medias (aproximadamente 11 años) resultan igual al ciclo de manchas solares, mientras que el período de 5-6,5 años parece ser igual al segundo armónico del ciclo de manchas solares o pueden estar relacionadas con El Niño Oscilación del Sur (ENOS) (Stuiver y Barziunas, 1993), el cual se ha demostrado que influye tanto en la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) (Friedrich y Muller, 1992; Hurrell, 1995) como en la fuerza y dirección de la Corriente del Golfo (Gulf Stream) (Taylor y Stephens, 1998) y la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) (Velasco y Mendoza, 2008).

Para algunos autores (Lamb,1977; Schaaf y Thurow, 1997) las periodicidades situadas entre 15-19 años se deben a la influencia lunar.

Las periodicidades situadas entre 20-22 años pueden estar asociadas con el ciclo de Hale o ciclo de "sunspot doble" (Hoyt y Schatten, 1997).

CONCLUSIONES

Del análisis de las series de precipitación mensual, estacional y anual de la localidad de Castelar, durante el período 1951-2009, puede concluirse que:

Los meses del semestre cálido (octubre a marzo) muestran tendencia positiva, ligeramente significativa el mes de octubre y significativa el mes de diciembre y el resto de los meses del semestre considerado resultaron sin significación estadística. Estos resultados son compatibles con los estudios realizados por Liebmann *et al.* (2004) y Minetti *et al.* (2003). La tendencia de la precipitación estival, durante el

período analizado, es hacia condiciones más húmedas, esta característica incide significativamente en el patrón productivo, pues los meses estivales constituyen los de mayor actividad biológica y productiva para el ámbito agropecuario.

Los meses de mayo a agosto muestran tendencia negativa sin significación estadística, excepto el mes de junio que observa ligera significación.

De la observación del análisis espectral de máxima entropía (MESA) puede señalarse la existencia de diversas periodicidades, en los intervalos de 2-3 años, 4-8 años y 11-22 años.

Estos resultados preliminares proporcionan una valiosa información para profundizar el conocimiento sobre el régimen de precipitaciones como aspecto relevante del clima de la localidad de Castelar, sus cambios o ciclos; mientras que simultáneamente se testean la potencia y confiabilidad de modernas herramientas de análisis que puedan extender resultados confiables a nivel regional.

BIBLIOGRAFÍA

- ALEXANDERSSON H., MOBERG A. 1997. Homogenization of Swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology* 17: 25-34.
- ALMEIDA A., GUSEV M., MELLO M., MARTÍN M., PUGACHEVA G., PANKOV V., SPJELDVIK W., SCHUCH N. 2004. Rainfall cycles with bidecadal periods in the Brazilian region. *Geofísica Internacional* 43 (2): 271-279.
- ANTICO P.L., SABBIONE N.C. 2010. Variabilidad temporal de la precipitación en la ciudad de La Plata durante el período 1909-2007: tendencia y fluctuaciones cuasiperiódicas. *Geoacta* 35 (2) versión On-line ISSN 1952-7744.

- BAZZAZ F., SOMBROEK W. 1995. Changements du climat et production agricole. FAO. Rome et Polytechnica. Paris. 472 p.
- BELLONI M.C., D'INDIO M., RODRÍGUEZ R.O., FERNÁNDEZ N.R., MOLTONI A.F., BLASÓN A.D. 2011. Desarrollo de un sistema de observación y análisis climático y ambiental. Diseño de Estaciones Agrometeorológicas Automáticas NIMBUS THP. Revista: Rumbos Tecnológicos, Publicación de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda. ISSN (versión impresa): 1852-7698 ISSN (versión en línea): 1852-7701. Volumen 3, Septiembre 2011. Páginas: 95 - 105.
- BURG J.P. 1975. Maximum entropy spectral analysis. Stanford University. California. 123 p.
- BURROUGHS W.J. 1992. Weather cycles: Real Or Imaginary, Cambridge University Press, Cambridge.
- CONRAD V., POLLACK L.W. 1950. Methods in Climatology. Harvard University Press. 459 p.
- FOLLAND C.K. 1983. Regional scale-interannual variability of climate- a north-west European perspective. Meteorological Magazine, 112, 161-183.
- FRIEDRICH K., MULLER K. 1992. Climate anomalies in Europe associated with ENSO extremes. International Journal of Climatology, 12, 25-31.
- HELSEL D.R., HIRSCH R.M. 1992. Statistical Methods in Water Resources, Elsevier, Amsterdam. 510 p.
- HOYT D.V., SCHATTEEN K.H. 1997. The role of the Sun in climate change. Oxford University Press, Oxford, 279 p.
- HURRELL J.W. 1995. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation regional temperatures and precipitation. Science, 269, 676-679.
- KANE R.P. 1998. Quasi-biennial and quasi-triennial oscillations in the rainfall of Northeast Brazil. Revista Brasileira de Geografía 16 (1): 37-52.
- KHALIQ M.N., QUARDA T.B.M.J. 2007. On the critical values on the standard normal homogeneity test (SNHT). International Journal of Climatology 27: 681-687.
- LAMB H.H. 1977. Climate: past, present and future. Vol. 2, Climatic History and the future. Methuen, London, 835 p.
- LIEBMANN B., VERA C.S., CARVALHO L.M., CAMILLONI I., HOERLING M.P., BARROS V., BÁEZ J., BIDEGAIN M. 2004. An observed trend in central South American precipitation. J. Climate, 17, 4357-4367.
- MINETTI J.L., VARGAS W.M., POBLETE A.G., ACUNA L.G., CASAGRANDE G. 2003. Non-linear trends and low frequency oscillations in annual precipitation over Argentina and Chile, 1931- 1999. Atmosfera,, 16, 119-135.
- OMM. 2007. Directrices sobre la Gestión de Datos Climáticos WCDMP-N°60, WMO-TD N°1376, 60 p.
- RAJAGOPALAN B., LALL U. 1998. Interannual variability in western US precipitation. Journal of Hydrology 210:51-67.

- RAMACHANDRA RAO A., HAMED K. 2003. Multi-taper method of analysis of periodicities in hidrologic data. *Journal of Hydrology* 279: 125-143.
- RODRÍGUEZ R., LLASAT M.C. 1997. Análisis temporal y espectral de la serie de precipitación mensual de Barcelona (España) 1980-1991. *Ingeniería del Agua* 4 (4): 19-28.
- RODRÍGUEZ R., LLASAT M.C., WHEELER D. 1999. Analysis of the Barcelona precipitation series. *International Journal of Climatology*, 19, 787-801.
- ROSS C.H. 1975. Maximum entropy analysis. Meteorological Office. Bracknell 47 p.
- RUSSIAN G., AGOSTA E., COMPAGNUCCI R. 2010. Variabilidad interanual a interdecádica de la precipitación en Patagonia Norte. *Geoacta* 35: 27-43.
- SCHAAF M., THUROW J. 1997. Tracing short cycles in long records: the study of interannual to intercentennial change from long sediment records, examples from the Santa Barbara Basin. *Journal of the Geological Society of London*, 154, 613-622.
- SIVAKUMAR M.V.K., GOMMES R., BAIER W. 2000. Agrometeorology and sustainable agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology* 103 11-26.
- STUIVER, M., BARZIUNAS T.F. 1993. Sun, ocean climate and atmospheric 14CO₂: an evaluation of causal relationships. *The Holocene*, 3, 289-305.
- TAYLOR A.H., STEPHENS J.A. 1998. The North Atlantic Oscillation and the latitude of the Gulf Stream. *Tellus* 50 A, 134-142.
- TOSIC I., UNKASEVIC M. 2005. Analysis of precipitation series for Belgrade. *Theoretical and Applied Climatology* 80: 67-77.
- ULRICH T.J., BISHOP T.N. 1975. Maximum entropy spectral analysis and autoregressive decomposition. *Rev. Geophys. Space. Phys* 33 : 183-200.
- VELASCO V.M., MENDOZA B. 2008. Assessing the relationship between solar activity and some large scale climatic phenomena. *Advances in Space Research* 42 (5): 866-878
- WALL E., SMIT B. 2005. Climate Change Adaptation in Light of Sustainable Agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*. Vol 27 (1) 114-123.
- WIJNGAARD J.B., KLEIN TANK A.M.G., KÖNNEN G.P. 2003. Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. *International Journal of Climatology* 23: 679-692.
- WMO. 1985. The global climate system a critical review of the climate system during 1982-1984.